Filterschaltungen und Rollladensteuerung

Aufgaben

1 Das Ausgangssignal eines Musikverstärkers kann man sich als ein Gemisch von Wechselspannungen mit verschiedenen Frequenzen vorstellen. Möchte man mit diesem Signal eine Zweiwege-Box speisen, welche einen Lautsprecher für tiefe und mittlere sowie einen Lautsprecher für hohe Töne enthält, so muss eine Frequenzweiche verwendet werden. Diese besteht aus einem Tief- und einem Hochpass. Material 1 zeigt die Schaltung eines sehr einfachen RC-Tiefpasses sowie dessen Amplitudengang. Bei sehr niedrigen Frequenzen f ist die Ausgangsspannung U_A fast so hoch wie die Eingangsspannung U_E, bei sehr hohen Frequenzen geht U_A gegen Null. Weil der Übergang fließend ist, wird eine Grenzfrequenz f_g definiert, welche für alle Tief- und Hochpässe gilt. Sie ist im Amplitudengang (Material 1) markiert.

Für diese Frequenz f_g gilt: $U_A = \frac{U_E}{\sqrt{2}} \approx 0{,}71 \cdot U_E$

1.1 Besitzt die Eingangsspannung des RC-Tiefpasses (Material 1) eine Frequenz f, welche exakt der Grenzfrequenz f_g entspricht, so gilt immer $R = X_C$.
Leiten Sie aus diesem Ansatz eine Formel zur Berechnung der Grenzfrequenz f_g her und berechnen Sie diese für $R = 231\,\Omega$ und $C = 1\,\mu F$.

(5 BE)

1.2 Betrachtet wird die Schaltung in Material 1 mit $R = 231\,\Omega$ und $C = 1\,\mu F$.

1.2.1 In Material 2 ist der zeitliche Verlauf der Eingangsspannung $\underline{U}_E$ dargestellt.
Berechnen Sie die algebraischen und exponentiellen Formen der komplexen Größen $\underline{I}$ und $\underline{U}_A$.
Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf der Spannung $\underline{U}_A$ in das Material 2.

(14 BE)

1.2.2 An den RC-Tiefpass in Material 1 wird eine Eingangsspannung von $\underline{U}_E = 10\,V \cdot e^{j0°}$ angelegt, deren Frequenz f im Bereich von 200 Hz bis 2 kHz beliebig änderbar ist.
Erklären Sie das Verhalten des RC-Tiefpasses hinsichtlich der Ausgangsspannung $\underline{U}_A$ für $f \rightarrow 0\,Hz$ und $f \rightarrow \infty$.
Berechnen Sie die Ausgangsspannung $\underline{U}_A$ für die Frequenzen $f_1 = 200\,Hz$ und $f_2 = 2\,kHz$ und zeichnen Sie die Ausgangsspannung in die komplexe Zahlenebene quantitativ ein.

Hinweis: Die beiden Grenzwerte $f \rightarrow 0\,Hz$ und $f \rightarrow \infty$ sind als Punkte in der komplexen Zahlenebene zu kennzeichnen.

(11 BE)

1.3 Im Vergleich zum RC-Tiefpass erreicht man mit einem LC-Tiefpass bei richtiger Dimensionierung eine bessere Filterwirkung. In Material 3 ist ein LC-Tiefpass mit Dämpfungswiderstand *R* abgebildet. Für die Dimensionierung dieses Passes gelten folgende Formeln:

Berechnung der Grenzfrequenz: $f_g = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$

Berechnung des Dämpfungswiderstands: $R = \sqrt{2} \cdot X_C = \sqrt{2} \cdot X_L$ (bei $f = f_g$)

1.3.1 Berechnen Sie die Induktivität *L* und den Dämpfungswiderstand *R* für einen LC-Tiefpass mit dem Kondensator $C = 6{,}8\,\mu F$ und der Grenzfrequenz $f_g = 300\,Hz$.

(4 BE)

1.3.2 Für einen Neuaufbau des LC-Tiefpasses werden Bauelemente mit den Werten $C = 3{,}3\,\mu F$, $L = 3\,mH$ und $R = 30\,\Omega$ verwendet. Es wird die Eingangsspannung $\underline{U}_E = 20\,V \cdot e^{j0°}$ mit der Frequenz $f = 1200\,Hz$ angelegt.
Berechnen Sie die komplexe Scheinleistung $\underline{S}$, die von dem LC-Tiefpass aufgenommen wird.

(6 BE)

1.4 Material 4 zeigt den Schaltplan einer Zwei-Wege-Frequenzweiche. Am Eingang der Weiche befindet sich ein Musikverstärker, der hier nicht dargestellt ist. Die Bauelemente L_1 und C_1 bilden einen LC-Hochpass, an dessen Ausgang ein Hochtonlautsprecher angeschlossen ist. L_2 und C_2 bilden einen LC-Tiefpass, mit dem ein Tieftonlautsprecher versorgt wird.
Material 5 zeigt den Ersatzschaltplan der Zwei-Wege-Frequenzweiche, der als Grundlage für die nachfolgenden Teilaufgaben dient. Die Lautsprecher sind als komplexe Widerstände Z_{LS1} und Z_{LS2} dargestellt.
Für die Frequenz der Eingangsspannung gilt $f = 800\,Hz$.
Bei dieser Frequenz ergeben sich folgende Werte für die Widerstände der Lautsprecher:
$\underline{Z}_{LS1} = \underline{Z}_{LS2} = 12{,}4\,\Omega \cdot e^{j54{,}4°}$

1.4.1 Entwickeln und zeichnen Sie für die Lautsprecher eine möglichst einfache Ersatzschaltung, deren Bauelemente konkrete Werte besitzen.

(6 BE)

1.4.2 Berechnen Sie die beiden komplexen Ausgangsspannungen $\underline{U}_{A1}$ und $\underline{U}_{A2}$, die komplexen Spannungen $\underline{U}_{C1}$ und $\underline{U}_{L2}$ sowie die Beträge S_{LS1} und S_{LS2} der von den Lautsprechern aufgenommenen Scheinleistungen. Vergleichen und bewerten Sie Ihre Ergebnisse.

(20 BE)

2 Ein Wohnzimmer soll durch einen elektrisch betriebenen Rollladen vor intensiver Sonneneinstrahlung geschützt werden (Material 6). Unter Verwendung eines Mikrocontrollers ist eine entsprechende Steuerung für den Rollladen aufzubauen, die Belegung der Pins ist in Material 7 dargestellt. Für das Hoch- und Herunterfahren des Rollladens stehen zwei Taster zur Verfügung (Material 8). Wird ein Taster weniger als zwei Sekunden lang gedrückt, bleibt der Rollladen nach dem Loslassen des Tasters stehen. Dauert die Betätigung mindestens zwei Sekunden lang an, so fährt der Rollladen auch nach dem Loslassen des Tasters vollständig hoch bzw. herunter. Der Motor wird über Halbleiterrelais angesteuert. Für diese Relais muss der Mikrocontroller je ein HIGH-Signal für das Hoch- und Herunterfahren des Rollladens erzeugen,

dies darf allerdings niemals gleichzeitig geschehen. Zwei Endlagenschalter geben jeweils ein HIGH-Signal ab, wenn der Rollladen vollständig hoch- bzw. vollständig heruntergefahren wurde. In beiden Fällen muss der Motor sofort ausgeschaltet werden.

2.1 Implementieren Sie den Programmcode für die Rollladensteuerung unter Beachtung weiterer Vorgaben:

Die Definitionen der Bezeichner (Konstanten) für die Pins sind in Material 9 dargestellt. In der Funktion `loop` sind die beiden Taster für das Hoch- und Herunterfahren sowie die Signalzustände der beiden Endlagenschalter abzufragen. Wird der Taster für das Hochfahren betätigt und der Rollladen ist noch nicht vollständig oben, so ist eine Funktion mit dem Namen `hochfahren` aufzurufen. Wird der Taster für das Herunterfahren betätigt und der Rollladen ist noch nicht vollständig unten, so ist eine Funktion mit dem Namen `herunterfahren` aufzurufen. Ansonsten passiert innerhalb von `loop` nichts, weil die für das Hoch- bzw. Herunterfahren bedeutsamen Abläufe in den beiden Funktionen `hochfahren` und `herunterfahren` realisiert werden.

Hinweise: Die Funktion `herunterfahren` ist nicht zu implementieren. Gleiches gilt für die in Material 9 vorgegebenen Programmzeilen.

(20 BE)

2.2 Bei direkter Sonneneinstrahlung soll der Rollladen automatisch heruntergefahren werden, dies erfordert eine Erweiterung der bereits vorhandenen Steuerung. In Material 10 ist eine geeignete Sensorschaltung dargestellt, die einen LDR (Fotowiderstand) enthält und am Analogeingang A0 des Mikrocontrollers angeschlossen ist. Die an diesem Eingang gegen Masse anliegende Spannung (0…5 V) wird durch einen 10-Bit-Analog-Digitalwandler in einen Integerwert umgewandelt. Die Kennlinie in Material 11 beschreibt die Abhängigkeit des LDR-Widerstandswerts von der Beleuchtungsstärke, die in lx (Lux) angegeben wird.

2.2.1 Erläutern Sie die Funktionsweise der Sensorschaltung.

(5 BE)

2.2.2 Die Beleuchtungsstärke beträgt 40 000 lx. Berechnen Sie die über dem LDR abfallende Spannung sowie den zugehörigen Integerwert.

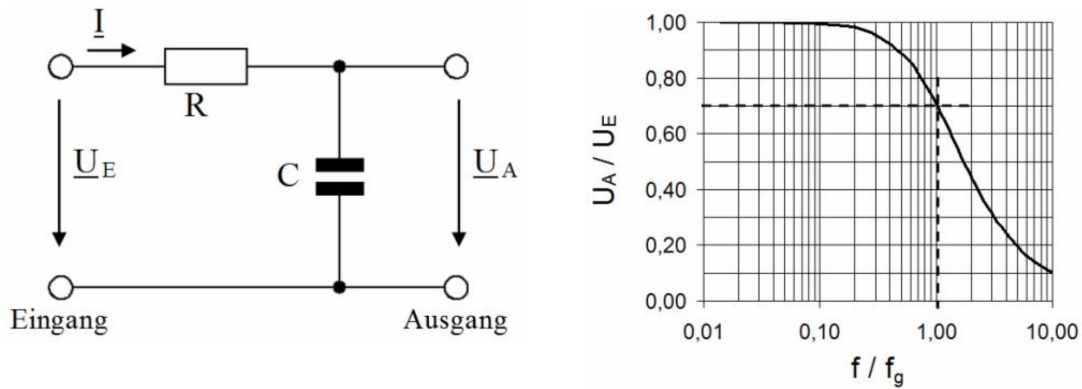
(6 BE)

2.2.3 Eine Funktion `pruefenHelligkeit` soll am Analogeingang A0 den jeweiligen Integerwert einlesen. Falls dieser Wert unterhalb eines bestimmten Grenzwertes liegt, soll die Funktion den Wert HIGH und ansonsten den Wert LOW zurückgeben. Den Grenzwert (Integerwert) bekommt die Funktion als Parameter übergeben. Implementieren Sie die Funktion `pruefenHelligkeit`.

(3 BE)

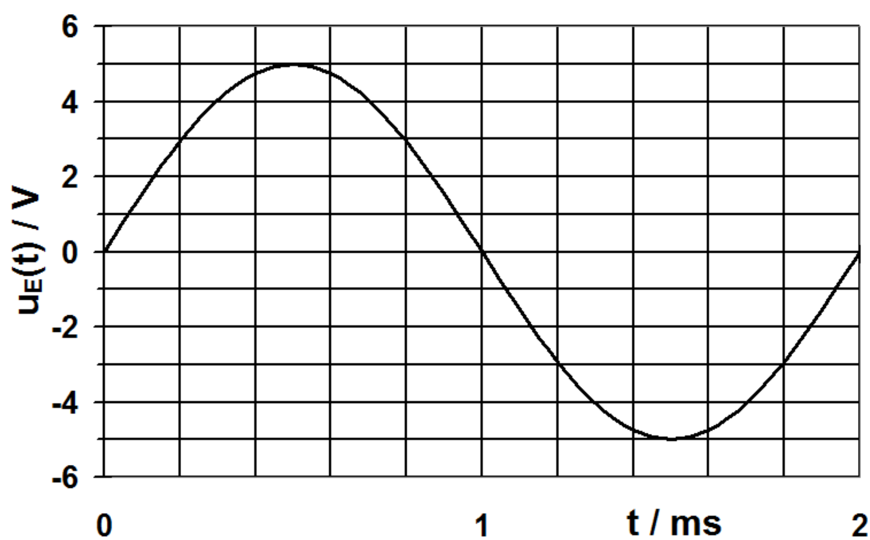
Material 1

Schaltung und Amplitudengang eines RC-Tiefpasses



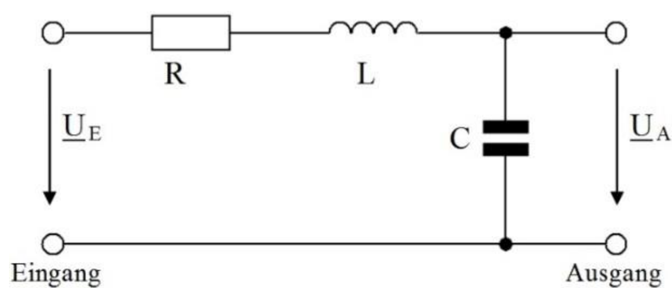
Material 2

Zeitverlauf der Spannung $\underline{U}_E$



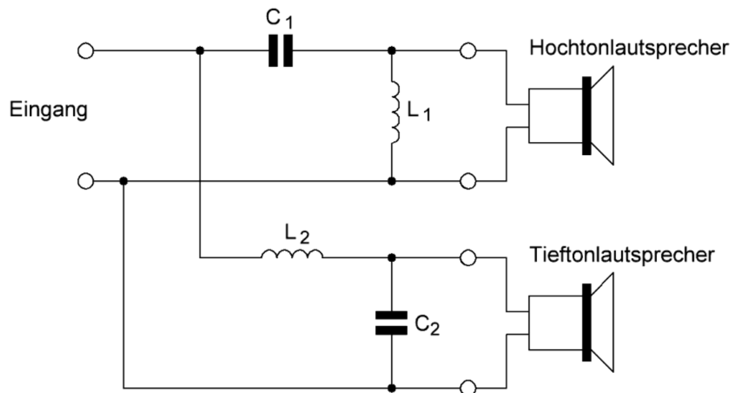
Material 3

LC-Tiefpass mit Dämpfungswiderstand



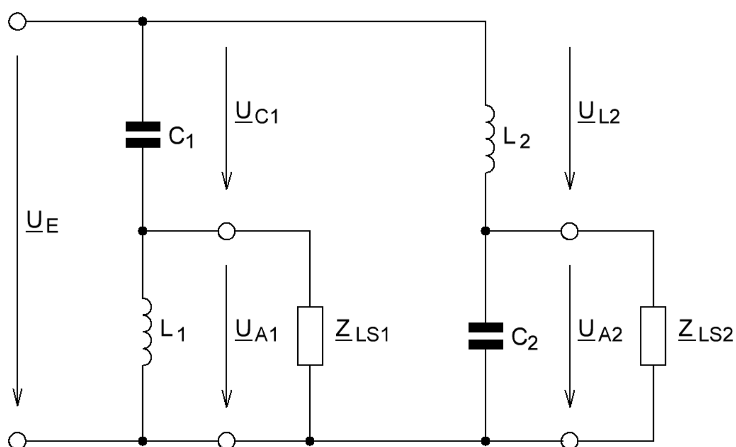
Material 4

Schaltplan einer Zwei-Wege-Frequenzweiche



Material 5

Ersatzschaltung der Zwei-Wege-Frequenzweiche



$\underline{U}_{\mathrm{E}} = 10\,\mathrm{V} \cdot e^{\mathrm{j}0°}$

$f = 800\,\mathrm{Hz}$

$C_1 = 3{,}3\,\mu\mathrm{F}$

$C_2 = 10\,\mu\mathrm{F}$

$L_1 = 0{,}3\,\mathrm{mH}$

$L_2 = 1\,\mathrm{mH}$

$\underline{Z}_{\mathrm{LS1}} = \underline{Z}_{\mathrm{LS2}} = 12{,}4\,\Omega \cdot e^{\mathrm{j}54{,}4°}$

Material 6

Rollladen



https://www.fensterversand.com/rollladen/elektrisch.php (abgerufen am 26.06.2020).

Material 7

Mikrocontroller - Belegung der digitalen Pins

Mikrocontroller

Pin	Belegung
13	Motor, HIGH-Signal lässt Rollladen hochfahren (bei LOW passiert nichts)
12	Motor, HIGH-Signal lässt Rollladen herunterfahren (bei LOW passiert nichts)
11	
10	
9	Taster zum Hochfahren des Rollladens (HIGH-aktiv)
8	Taster zum Herunterfahren des Rollladens (HIGH-aktiv)
7	
6	Endlagenschalter, welcher bei vollständig hochgefahrenem Rollladen ein HIGH-Signal abgibt
5	Endlagenschalter, welcher bei vollständig heruntergefahrenem Rollladen ein HIGH-Signal abgibt
4	
3	
2	
1	
0	

Material 8

Zwei Taster für den Rollladen



https://www.reichelt.de/index.html?ACTION=446&LA=0&nbc=1&q=as%2025006 (abgerufen am 26.06.2020).

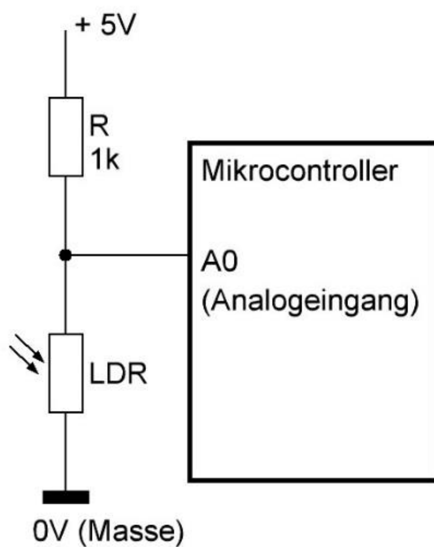
Material 9

Programmausschnitt

```
const int motorHoch = 13;
const int motorRunter = 12;
const int tasterHoch = 9;
const int tasterRunter = 8;
const int istOben = 6;
const int istUnten = 5;
```

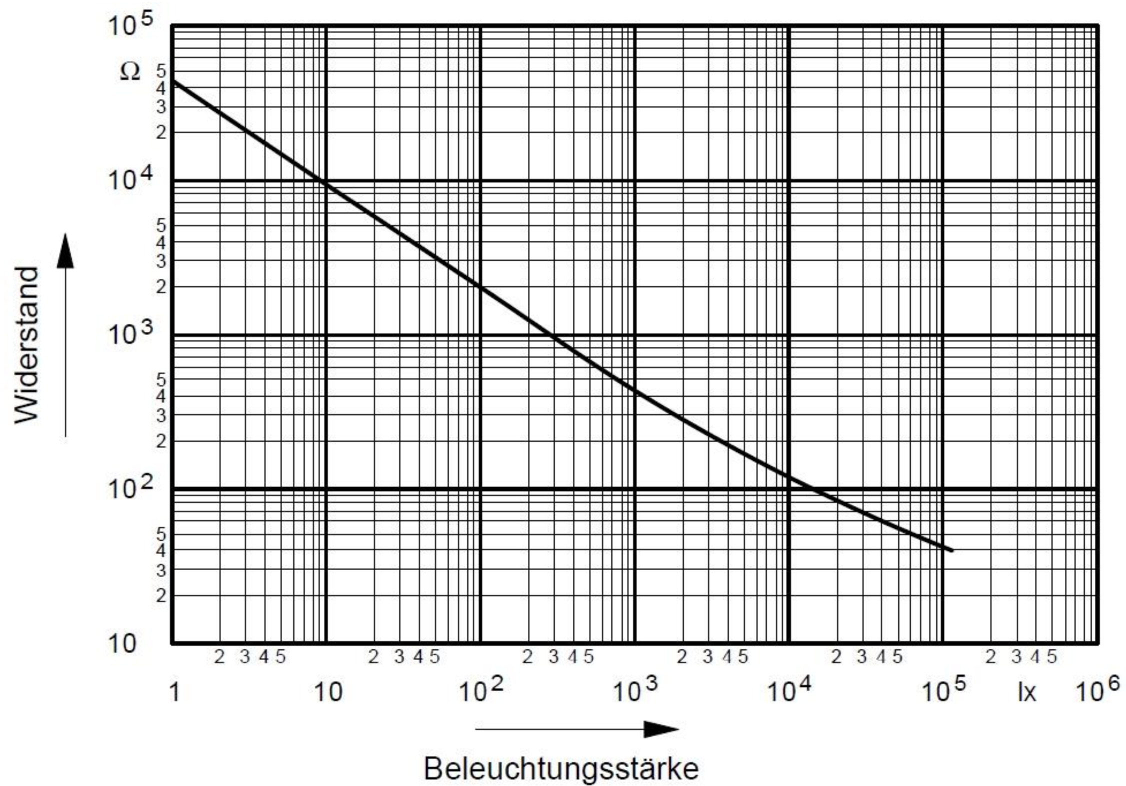
Material 10

Mikrocontroller mit Sensorschaltung



Material 11

Kennlinie des LDR (Fotowiderstand)



https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/00608122001075223624.pdf (abgerufen am 26.06.2020).